

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING

## ZHODNOCENÍ TECHNOLOGIÍ PRO VYUŽITÍ BIOMASY

EVALUATION OF TECHNOLOGY FOR THE BIOMASS INCINERATION.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

JIŘÍ ZAHÁLKA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

DOC. ING. JAROSLAV JÍCHA, CSC.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav procesního a ekologického inženýrství

Akademický rok: 2009/2010

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Zahálka Jiří

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Zhodnocení technologií pro využití biomasy**

v anglickém jazyce:

#### **Evaluation of technology for the biomass incineration.**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V současné době roste význam využití biomasy zejména jako obnovitelného zdroje energie. Biomasa má vedle toho i význam pro recyklaci odpadní suroviny na produkty využitelné nejen v energetice, ale i v zemědělství a ve spotřebním průmyslu.

Hlavní zaměření práce:

Biomasa a její produkce.

Možnosti využití biomasy.

Netermické a energetické možnosti využití biomasy.

Energetické využití biomasy.

Cíle bakalářské práce:

Zpracování literární rešerše a přehledu metod zpracování a využití biomasy. Popis technologických zařízení pro spalování biomasy a kogeneraci energie a tepla.

Seznam odborné literatury:

- [1] Doc. Ing. Brožek, K., CSc., Ing. Šourek, B.: Alternativní zdroje energie, ČVUT, Fakulta strojní, 2003
- [2] Prof. Ing. Kadrnožka, J., CSc.: KVET - masivní a efektivní nástroj pro úsporu fosilních paliv, článek v 3T, 3/2004
- [3] FCC Public: Obnovitelné zdroje energie, Praha 2001
- [4] internetové stránky: <http://calla.ecn.cz/atlas> <http://www.biom.cz>.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jaroslav Jícha, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 28.5.2010

L.S.

---

prof. Ing. Petr Stehlík, CSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá technologiemi pro využití biomasy, nabízí jejich souhrn, popis a využití. Další body jsou zaměřeny na zdroje biomasy, ekologické dopady spojené s jejím pěstováním a následným zpracováním. Na závěr práce je zhodnocena ekonomická stránka a legislativa.

## **Klíčová slova**

Biomasa, plodiny, odpady, spalování biomasy, chemické procesy, biologické procesy, emise, legislativa

## **Abstract**

The bachelors thesis deals with biomass utilizations technologies, it presents their summary, descriptions and utilization. Other parts concentrated on biomass sources, ecological impact connected with biomass cultivation and its subsequent processing. Economic point of view and legislation are evaluated at the end of thesis.

## **Key words**

Biomass, crop, waste, biomass combustion, chemical processes, biological processes, emissions, legislation

## **Bibliografická citace**

ZAHÁLKA, J. Zhodnocení technologií pro využití biomasy. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 38 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Jícha, CSc.



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně na základě svých znalostí, odborných konzultací a doporučené literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 28.5.2010

.....  
Podpis

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Jaroslavu Jíchovi, CSc. za odborný dohled, připomínky a pomoc při zpracování mé bakalářské práce.

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>1 CO JE TO BIOMASA.....</b>	<b>8</b>
1.1 Rozdělení biomasy .....	8
1.2 Podmínky vzniku biomasy .....	9
<b>2 ZDROJE BIOMASY .....</b>	<b>11</b>
2.1 Plodiny.....	11
2.2 Odpady.....	13
<b>3 ÚPRAVA BIOMASY PRO ENERGETICKÉ ÚČELY .....</b>	<b>14</b>
3.1 Mechanická úprava pevných biopaliv .....	14
3.2 Mechanická úprava energetických stébelnin .....	15
3.3 Mechanická úprava rychle rostoucích dřevin.....	16
<b>4 TECHNOLOGIE PRO VYUŽITÍ BIOMASY .....</b>	<b>17</b>
4.1 Spalování biomasy.....	17
4.1.1 Zařízení na spalování biomasy .....	18
4.1.2 Zařízení pro kogeneraci energie .....	20
4.2 Ostatní termochemické procesy.....	21
4.2.1 Zplyňování biomasy .....	21
4.2.2 Pyrolýza.....	22
4.2.3 Katalytické zkapalňování .....	23
4.3 Chemické procesy.....	23
4.3.1 Esterifikace .....	23
4.4 Biologické procesy .....	24
4.4.1 Anaerobní digesce .....	24
4.4.2 Kompostování.....	25
<b>5 EKOLOGICKÉ DOPADY SPOJENÉ SE ZPRACOVÁNÍM BIOMASY .....</b>	<b>27</b>
5.1 Emise a imise.....	27
5.2 Emise vzniklé při zpracování biomasy.....	27
5.3 Emisní limity .....	27
5.4 Účinnost spalování .....	30
<b>6 EKONOMIKA.....</b>	<b>31</b>
6.1 Náklady na pěstování a sklizeň plodin .....	31
6.2 Náklady na zpracování produktu.....	31

<b>7</b>	<b>LEGISLATIVA EU A ČR K PĚSTOVÁNÍ BIOMASY.....</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>33</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>34</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN.....</b>	<b>37</b>
10.1	Seznam symbolů.....	37
10.2	Seznam zkratk.....	38
<b>11.</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK .....</b>	<b>38</b>
11.1	Seznam obrázků.....	38
11.2	Seznam tabulek.....	38

# ÚVOD

Současná situace ve světě nás nutí k zamyšlení. Žijeme v době, kdy jsou problémy se zásobováním palivy a energiemi, je nedostatek fosilních paliv a jsme nuceni nacházet nové zdroje, které by energii z těchto paliv nahradily. Jednu z preferovaných možností představuje využívání energie z obnovitelných zdrojů. Celosvětově jsou obnovitelné zdroje energie (OZE) chápány nejen jako prostředek k ochraně životního prostředí, ale také jako významný segment globálních energetických bilancí. Jako obnovitelné zdroje energie lze obecně považovat větrnou, sluneční a vodní energii, dále energii ze skládkového plynu a okolního prostředí a energii z biomasy, která má obvykle nejvyšší energetický potenciál.

## 1 CO JE TO BIOMASA

Biomasa je souhrn látek, tvořících těla organismů, tzn. živočichů i rostlin. Můžeme ji také definovat jako substanci biologického původu. Jako další definici bychom mohli použít definici ekologickou, která biomasu uvádí jako celkovou organickou hmotu jedinců tvořících určitý druh, skupinu druhů, nebo celá společenstva. Biomasu můžeme získat z nejrůznějších lidských činností jako například z pěstování rostlin, chovu živočichů, produkcí organického původu, z odpadů, rozložitelných částí výrobků, ze zbytků průmyslových výrob nebo např. z lesnictví. Biomasu můžeme také získávat účelně, jako cíl našeho snažení. „Pro zemědělství představuje biomasa, cíleně pěstovaná pro energetické účely, novou příležitost spočívající v produkci komodity, která neslouží pro potravinářské účely. Pro pěstování energetických rostlin lze s výhodou využít půdu, která není potřebná nebo vhodná pro produkci potravin nebo krmiv a která se v ČR rozlohou blíží téměř 1 mil. hektarů.“ [1]

V souvislosti se spalováním je nejčastěji používaným druhem biomasy dřevo a dřevní odpad nebo energetické plodiny. Lze použít např. i exkrementy různých užitkových zvířat, ovšem k jiným metodám zpracování, např. k anaerobní digesti. Dřevo bylo vždy velice tradičním palivem zejména v lesnatých oblastech. Postupně bylo ale vytlačováno jinými druhy paliv, hlavně tedy palivy fosilními. V 70. letech 20. století se ovšem obnovitelné zdroje energie a hlavně pak dřevo, pod vlivem nastávající energetické krize, dostávají zpět na výsluní. V posledních dvaceti letech se celosvětový podíl biomasy v primárních energetických zdrojích zvýšil o 8%. Tento nárůst lze sledovat nejen v rozvojových zemích, kde je dřevo, zejména na venkovech, jediným zdrojem paliva, ale také v zemích vyspělých.

### 1.1 Rozdělení biomasy

Rozdělení z hlediska energetiky nám umožňuje vytvoření 5 základních skupin biomasy:

- fytomasa s vysokým obsahem lignocelulózy
- fytomasa z olejnatých plodin
- fytomasa s vysokým obsahem škrobu a cukru
- organické odpady a vedlejší produkty živočišného původu
- směsi různých organických odpadů

Dále lze rozlišovat biomasu tzv. suchou (dřevo) a mokrou (např. tekuté a pevné výkaly zvířat smíchané z vodou). Podle toho také dělíme technologie jejího zpracování na procesy suché (termochemická přeměna) a mokré (biochemická přeměna). Jak již bylo zmíněno rozeznáváme biomasu:

- pěstovanou přímo k energetickému využití: obilí, cukrová řepa, brambory, cukrová třtina, olejniny (řepka olejná), energetické dřeviny (olše, vrby, topoly, akáty aj.)
- odpadní: rostlinné zbytky ze zemědělské výroby (kukuřičná a obilná sláma, řepková sláma, zbytky po likvidaci stromů, zbytky z luk a pasek, odpady z živočišné výroby (exkrementy vyprodukované užitkovými zvířaty, zbytky krmiv), komunální organické odpady z venkovských sídel, organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob (odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, konzerváren, vinic, dřevařských podniků, např. pil), lesní odpady (tzv. dendromasa, kůra, větve, pařezy, kořeny, klest aj.)

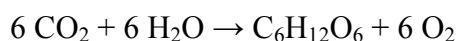
V současnosti se odhaduje, že celosvětová produkce biomasy má energetický potenciál asi 5x vyšší než spotřeba fosilních paliv. Biomasa by se z tohoto hlediska zdála jako ideální zdroj energie. Navíc jako zdroj levný a šetrný k životnímu prostředí. Ovšem využití biomasy je limitováno hned několika faktory. Jako první faktor bychom mohli uvést, že využití biomasy k energetickým účelům konkuruje dalším možnostem jejího využití, například v potravinářském průmyslu nebo v zajištění surovin pro potravinářský a zpracovatelský průmysl. Dalším faktorem je zvyšování produkce biomasy, tzn. zvětšování produkčních ploch, větší intenzitu výroby biomasy a s tím spojené rostoucí náklady na její výrobu. Dále zvyšování produkce biomasy těžko konkuruje klasickým energetickým zdrojům, což by se mohlo v budoucnu změnit vlivem kladení většího důrazu na ekologii. Na druhou stranu má biomasa i své nesporné výhody. Má obnovitelný charakter, jde o tuzemský zdroj energie, zdroje nejsou lokálně omezeny a produkce biomasy má dobrý vliv na utváření krajiny. [2]

## 1.2 Podmínky vzniku biomasy

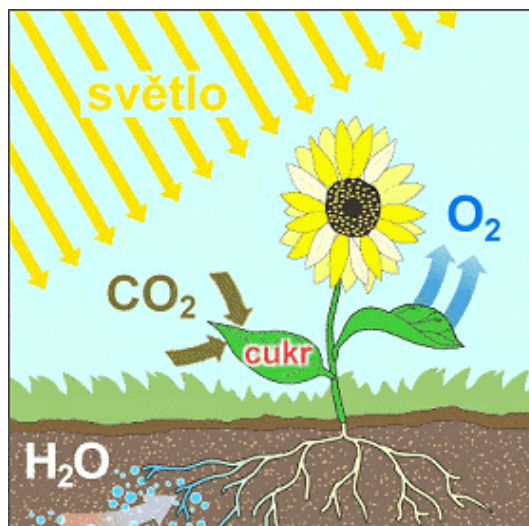
Hlavní úlohu při vzniku rostlinné biomasy hrají fotosyntéza a fotochemické reakce. Fotosyntéza je jedním ze základních a nejdůležitějších dějů probíhajících v přírodě. Proces fotosyntézy lze vidět na obrázku 1-1, kdy zelená rostlina za pomoci světla a vody přeměňuje oxid uhličitý na životně důležitý kyslík a lze ji popsat chemickou rovnicí:



která se však dá zjednodušit na:



kde:  $\text{CO}_2$  je oxid uhličitý,  
 $\text{H}_2\text{O}$  je voda,  
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  je cukr,  
 $\text{O}_2$  je kyslík.



Obr. 1-1 Fotosyntéza [3]

Fotosyntéza je nejčastěji probíhající chemická reakce na světě. Bez fotosyntézy by nebyl život na zemi možný, protože kromě cukrů, je zdrojem kyslíku. Fotosyntéza je poměrně složitý proces, probíhající v zelených rostlinách. V zelených proto, že zelené části rostliny obsahují chlorofyl, který je pro tuto chemickou reakci nezbytný. Při fotosyntéze vznikají z oxidu uhličitého a vody organické látky. Přeměna probíhá za přítomnosti sluneční energie a působení enzymů.

Rostliny jsou potravou pro živočichy, kteří nejsou fotosyntetičtí a ti jsou potravou pro člověka. Prvky, které nazýváme biogenními a které jsou nutné pro život, se tak dostávají do organismu ve formě organických sloučenin a tvoří významnou část výživy organismů. V tělech živočichů následně dochází k degradaci v procesu mineralizace a biogenní prvky se mění na anorganické látky. Tento proces je velice důležitý pro oběh látek v biosféře. Všechny prvky podléhající chemické konverzi se mění z organických na anorganické a naopak.

„Hlavní roli v oběhu látek mají tedy fotosyntetické organismy, fixující atmosférický oxid uhličitý a produkující kyslík. Významnou roli mají též různé anaerobní a aerobní mikroorganismy v půdě a vodě, které rozkládají organické sloučeniny. Z plynných složek tohoto rozkladu je nejdůležitější oxid uhličitý, kromě něho vzniká metan, sirovodík, merkaptany, vodík a další produkty.“ [2]

Celý tento koloběh na zemi je podmíněn tím, že na něj musí působit sluneční energie, nebo mu musíme dodávat energii my. Žádný oběh totiž není energeticky nezávislý. Tyto energie do umělých ekosystémů přinášíme ve formě práce, z prostředků na chemickou ochranu rostlin, z fosilních paliv při výrobě hnojiv, z obrábění půdy atd. [2]

## 2 ZDROJE BIOMASY

### 2.1 Plodiny

Obilní sláma: „Obiloviny zaujímají v ČR 51,5 % plochy zemědělské půdy. V roce 2000 byly sklizeny obiloviny z celkové plochy 1 580 000 ha a při uvažovaném průměrném výnosu 4 tuny slámy z hektaru bylo dosaženo celostátní produkce 6 324 000 t slámy. Největší množství slámy je vyprodukováno v jihomoravském a středočeském regionu. Při výhřevnosti slámy 14,4 GJ/t a roční produkci cca 6 000 000 tun, uvažované v dlouhodobém horizontu, a účinnosti spalování 80 %, je teoreticky možno z vyprodukované slámy získat 69 000 TJ energie. Tato hodnota reprezentuje teoretický potenciál energetického využití slámy.“ [4] Slámu obvykle spalujeme ve formě slisovaných balíků o hmotnostech od 50 do 200 kg. Jako příklady obilní slámy si můžeme uvést slámy pšenice, triticales, žita, ječmene, ovsa nebo kukuřice.

Řepka ozimá: „Ozimá řepka má v našich podmínkách vegetační dobu 300 až 340 dnů, výjimečně v nadmořských výškách nad 600 m i celý rok. Řepka vytváří mohutný kulový kořen, který je asi z 87 % rozložen v ornici. Lodyha má výšku 120 až 220 cm, nejčastěji 140 až 160 cm.“ [5] Řepka ozimá je vhodná pro všechny typy půd a snáší i pozdější výsevy. Celková plocha obsazená řepkou je v České republice cca 300 000 ha. Řepka se dodává jak k potravinářským účelům, tak k technickým. Po zajištění dodávek potravinářskému průmyslu lze tedy zbytek použít na výrobu bionafty, maziv, řepkových pokrutin či rafinovaného glycerinu. Výhřevnost řepkové slámy je asi 15 až 17,5 GJ/t.

Rychle rostoucí dřeviny: „Plantáže energetických dřevin jsou výhodné z hlediska zpracování pro následné využití, protože je dříví soustředěno na jednom místě, čímž se usnadní jeho zpracování. Nejčastějším způsobem zpracování je štěpkování na štěpku určité délky. Plantáže rychle rostoucích dřevin lze snadno ošetřovat, protože stromy rostou v řadách. Mezi řady lze snadno zajíždět a pohybovat se mechanizací. Sklizeň a zpracování stromů je také snadné, protože je to dřevní hmota homogenního a pravidelného vzrůstu.“ [6] Z druhů rychle rostoucích dřevin jmenujme topol černý a balzámový, vrbu, akát, olši, osiku nebo břízu.

Konopí seté: výsadba a pěstování tohoto konopí má v České republice dlouholetou tradici. „Konopí seté je teplomilná jednoletá dvoudomá rostlina z čeledi konopovitých a řádu kopřivotvarých. Konopí seté je původem ze střední Asie. Kulturní druh se tradičně využívá jako olejní a rostlina přadná, zařazuje se i mezi energetické plodiny. V zahraničí se ekologicky pěstují i odrůdy s garantovaným minimálním obsahem omamných látek.“ [5] Do této čeledi patří například i chmel. Konopí dorůstá výšky až 6 metrů a navíc ještě potlačuje přítomnost plevelů a odčerpává z půdy nečistoty a těžké kovy. V roce 2007 bylo v České republice seté konopí na cca 1 600 ha. Setému konopí se někdy také říká energetická a průmyslová plodina 3. tisíciletí.

Vodní řasy: tyto rostliny se sice v naší domovině hojněji nevyužívají, krátký popis si ovšem zaslouží. Vodní řasy se pěstují ve speciálních nádržích, mají skvělý energetický potenciál a biopaliva vyrobená z vodních řas se dají přímo použít v dieselových motorech, což je jejich obrovská výhoda. V přírodě existuje asi 80 000 druhů řas, k energetickým účelům je využíváno pouze několik druhů. V pěstování vodních řas a jejich následnému zpracování pro energetiku se v dnešní době nejvíce věnuje Nizozemí. [7]



Krmný šťovík – Uteuša: „Krmný šťovík (Rumex OK 2) je vytrvalá plodina, vyšlechtěná na Ukrajině ke krmivářským účelům. V ČR je ale známý především jako netradiční plodina pro energetické využití, zejména ve formě pevné biomasy v suchém stavu pro vytápění budov. Hlavní výhodou Rumexu OK 2 je jeho vytrvalost, čímž se šetří náklady na každoroční orbu a další základní agrotechnické zásahy.“ [8] Šťovík dorůstá výšky 1,5 až 2 metry. Má výnos kolem 10 tun na hektar, a to většinou do 2. roku po vysazení. Jeho energetický potenciál se pohybuje kolem 250 GJ energie z jednoho hektaru. Krmný šťovík můžeme vidět na obrázku 2-1.



*Obr. 2-1 Krmný šťovík – Uteuša [9]*

Křídlatka: v Česku se tato rostlina rozšířila zejména po povodních v roce 1997. Není příliš oblíbená, protože se velice snadno množí a špatně se jí zbavuje. Je považována za invazivní plevel. Křídlatka má jistě velký energetický potenciál, k těmto účelům se však v České republice vůbec nepěstuje, což je jistě škoda.

Laskavec: patří mezi jednoleté rostliny, jeho čeleď zahrnuje až 60 druhů. Je to teplomilná rostlina, která se řadí k obilovinám. Má dobré vlastnosti pro produkci energetické biomasy. Je vhodná i jako krmivo pro hospodářská zvířata.

Další energetické byliny: jsou to např. tyto jednoleté byliny: súdánská tráva, hořčice sareptská, krambe (kartán), sléz krmný, lnička setá, světlice barvířská. Dvouleté byliny: pupalka dvouletá, jestřabina východní, mužák prorostlý, bělotn kulatohlavý, slunečnice topinambur, čičorka pestrá, boryt barvířský, topolovka růžová, ozdobnice čínská – miscanthus. A tyto energetické trávy: chrostice - lesknice rákosovitá, kostřava rákosovitá, psineček veliký, ovsík vyvýšený, sveřep samužníkovitý, sveřep bezbranný. Počítáme-li s průměrnou sklizní 10 t/ha a výhřevností okolo 15 až 20 MJ/kg sušiny je energetický výnos 150 až 200 GJ/ha, což je asi 1,5 kW/ha. Výhody energetických bylin jsou např. dobrá skladovatelnost, krátké vegetační období, snadný výsev, možnost zpracování i na neenergetické účely nebo možnost rychlé změny druhu rostlin.

## 2.2 Odpady

Dřevo a dřevní odpad: jedná se hlavně o kořeny, zlámané větve, vršky stromu, pařezy, části nebo dokonce celé stromky, které v lese zůstávají po prořezávkách a probírkách a po těžbě dřeva nebo třeba po vichřicích, či lavínách. „V průměru je z celkové roční produkce dřevní hmoty využívána méně než polovina. Ve statistikách je vykazováno jako těžba dřeva přibližně stejné množství dřevní hmoty, jako zůstává nevyužito v lese nebo jako odpad při zpracování. Cca. 30% dřevních odpadů vzniká již při těžbě. Při zpracování dřevní hmoty vzniká 36 % odpadů při pilařském zpracování a 64 % v dalších dřevozpracujících závodech.“[4] Odpad ovšem není využit všechen, jeho využitelnost se pohybuje jen okolo 40% a to zase z nejrůznějších technických a jiných důvodů. Využitelný potenciál dřevního odpadu se pohybuje na hranici 33 000 TJ a to při výhřevnosti 12 GJ/t. Zdroje za jeden rok jsou odhadem 4 500 000 m<sup>3</sup>, tj. 2 750 000 tun dřevní hmoty.



*Obr. 2-2 Dřevní odpad [10]*

Zemědělský odpad: je to vedlejší produkt zemědělské výroby. Zařadit sem lze také uhynulá zvířata, odpady z vajec, jateční odpady, kosti, peří aj. Tyto odpady se zpracovávají v asanačních zařízeních tzv. kafilériích. Tam probíhá destrukce v tepelných destruktoech. V kafilériích vzniká masová, péřová, masokostní a kostní moučka, které mohou být použity jako krmivo nebo hnojivo a kafilerní tuk, ze kterého můžeme transesterifikací vyrábět biopaliva.

Biologicky rozložitelný komunální odpad: tzv. bioodpad. „Nejvýznamnější podíl biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) představuje biologicky rozložitelná část směsného komunálního odpadu. Další významnou skupinou BRKO je kompostovatelný odpad. Jde zejména o odpad z údržby zeleně. Tento odpad je často kompostován v obecních kompostárnách.“ [11] Dále můžeme uvést kuchyňský odpad, zahradní odpad, papír a lepenku nebo čistírenský kal.

### 3 ÚPRAVA BIOMASY PRO ENERGETICKÉ ÚČELY

Úprava biomasy je velice důležitou částí jejího zpracování. Jejím stříháním, drcením, sekáním a jinými způsoby zajišťujeme dosažení optimálního tvaru a velikosti, což je nezbytně nutné pro její další využití buď spalováním nebo například zplyňováním.

#### 3.1 Mechanická úprava pevných biopaliv

Stříhací zařízení: umožňují nám dělit dřevo o předvolenou velikost pomocí tzv. podávacího zařízení. „Na jedno vysunutí stříhacího nože posune podávací zařízení stříhané dřevo o 25 až 30 cm. Vysunutím nože se dřevo tlakem o protinůž odstříhne“ [2] Tato stříhací zařízení jsou využívána soukromými výrobci palivového dřeva. Ve velkých kotelnách lze využít také zařízení s více noži, což vede k větší produktivitě výroby.

Štípací sekačky: jsou to zařízení, která používáme k dělení dřeva beztržiskovým způsobem. Sekačky lze dělit do nejrozličnějších skupin. Podle účelu použití na stacionární a mobilní. Podle sekacího orgánu na diskové, bubnové a šroubové nebo podle způsobu dávkování dřeva na sekačky s ručním nebo mechanickým dávkováním.

Drtiče: tato zařízení používáme jestliže nejsme schopni k dělení dřeva použít sekačky, tzn. když zpracováváme např. odpadní dřevo, pařezy atd.

Zařízení pro briketování a peletování: lze použít pístové hydraulické nebo mechanické lis, šnekové lisy či protlačovací a granulační lis. „Hlavním strojem výrobní peletovací linky je protlačovací matricový lis, konstrukčně řešený jako talířový, plochý nebo prstencový. Protlačovací matrice je vyrobena z ušlechtilé oceli, je opatřena soustavou otvorů potřebného průřezu a nad ní se v těsné vzdálenosti odvalují rolly, které zpracovávaný materiál protlačují skrz matrici. Briketování poté probíhá na briketovacích lisech různých konstrukcí podle pohonu, lisovací komory, či lisovacího nástroje při tlaku 400 Mpa i více a teploty 70°C. Dochází k objemové redukci cca 12:1.“ [5]



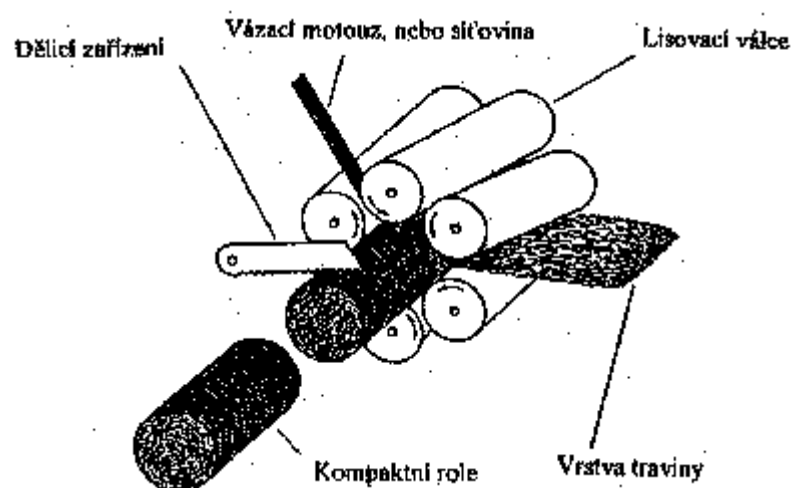
*Obr. 3-1 Dřevěné pelety [12]*

### 3.2 Mechanická úprava energetických stébelnin

Sběrací vozy: vzhledem k ekonomice dopravy jsou využitelné pouze pro kratší přepravní vzdálenosti cca do 2 km, na větší vzdálenosti jsou vhodnější sběrací, briketovací či peletovací lisy.

Sběrací lisy: pro sklizeň energetických stébelnin v suchém stavu. Používají se lisy na obří hranaté nebo válcové balíky. Lis nejdříve materiál nařeže, dále slisuje a sváže do požadovaného tvaru a velikosti. Lisy na hranaté balíky jsou výhodnější, protože hranatý tvar je pro skladování ideální. Tyto lisy jsou ovšem dražší než lisy na válcové balíky.

Svinovací lisy: „Ve výzkumu zemědělských sklízeců stébelnin se znovu, na vysoké technické úrovni, objevuje prastarý princip zpracování svinováním, původně používaný při výrobě lan.“ [2] Lisy zaměřené na svinování vytvářejí nekonečně dlouhý provazec, který se svým stupněm stlačení blíží k hodnotám, které produkuje briketovací lis. Průměr provazců se pohybuje v rozmezí 300 až 800 mm a řeže se přídavnou pilou na požadovanou délku.



Obr. 3-2 Schéma svinovacího lisu [2]

Briketování a peletování suchých stébelnin: Stacionární výroba peletek a briket není příliš výhodná. V podstatě jsme totiž nuceni už jednou slisovaný materiál rozpojit a v briketovacích či peletovacích lisech znovu zpracovat. Připadalo by v úvahu stébelniny nelisovat a používat volně loženou slámu, ta by ovšem byla velice náročná na skladovací prostory. Proto se v současnosti odborníci kloní ke zpracování přímo na sklizeném pozemku tzv. samojízdnými peletovacími stroji. [2]



### 3.3 Mechanická úprava rychle rostoucích dřevin

Stroje na sklizeň rychle rostoucích dřevin, komplexní mechanizace:

- jednoduché sklízeče: odřezávače tažené běžnými zemědělskými traktory
- složitější kombajny na sklizeň vrby
- sklizňový stroj pro vrbu tažený traktorem: starší prototyp
- sklizňový stroj FROBESTA na vrbové proutí
- dvouřádkový sklízeč na vrbu SAGERSLAT
- sklízeč pro odřezávání 2 až 3letého proutí CLAAS
- kombinovaný sklízeč CLAAS – JAGUAR

Konečná cena biomasy z rychle rostoucích dřevin je tvořena až z 60% náklady na její zpracování. Proto je nasazení správných strojů velmi důležitým faktorem. V zásadě lze používat jeden ze dvou různých typů. První typ používá traktor, který táhne vlečku, na níž se za jízdy hromadí sklizené stromky. Druhým typem jsou stroje, které přímo vyrábějí štěpku. „Světový vývoj se pro některou z těchto technologií zatím jednoznačně nerozhodl. Kritériem pravděpodobně bude rozsah podnikatelského záměru.“ [2]

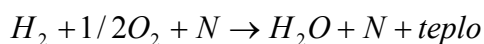
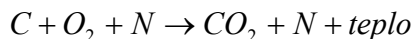


*Obr. 3-3 Samojízdné řezačky CLAAS – JAGUAR [13]*

## 4 TECHNOLOGIE PRO VYUŽITÍ BIOMASY

### 4.1 Spalování biomasy

„Spalování biomasy je chemický pochod, při kterém se slučují hořlavé prvky obsažené v hořlavině paliva s kyslíkem. Při tomto procesu se uvolňuje teplo.“ [2] Spalovací reakcím tohoto druhu říkáme exotermické. energii, která nám procesem spalování vznikne můžeme použít k vytápění nejrůznějších prostor, pro ohřev vody, nebo k výrobě elektřiny. Podstata spalování je popsána následujícími rovnicemi.



Při spalování reaguje prvek (C, H, S) vždy s kyslíkem za vzniku oxidů a tepla. Když je při reakci dostatečná teplota a dostatečný přístup vzduchu, vzniká oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), kdyby tyto podmínky nebyly zajištěny, reakce by proběhla za vzniku oxidu uhelnatého (CO). Síra poté reaguje na oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>) a vodík se s kyslíkem spaluje na vodní páru. Dusík je v těchto rovnicích přítomen jako tzv. balastní složka, tedy se reakce neúčastní a přechází do odpadních plynů v nezměněné podobě. Při vysokých teplotách by se mohl dusík spalovat na oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>).

Spalování biomasy: potýkáme se zde s velkým množstvím faktorů, které ovlivňují spalování. Je to například vysoký podíl uvolňované prchavé hořlaviny. Vznikají dlouhé plameny, které stěžují průniku kyslíku. Dlouhá doba prohořívání spalitelných plynů. Dále musíme vzít v úvahu nízkou hustotu většiny biomasy nebo vznikající popílek s obsahem těžkých kovů. Suchá biomasa má velmi vysoký podíl zplyňovaných částí. Plyny, které při spalování vznikají, mají rozdílné spalovací teploty, což vede k tomu, že hoří jen určitá část paliva. Při spalování ve většině případů nemusíme biomasu nijak speciálně upravovat, dokonce si můžeme dovézt i biomasu s vyšší vlhkostí. Čemu se ale musí věnovat pozornost, je zajištění optimálních podmínek při spalování a čištění spalin. Důležité je kontrolovat hodnoty emisí oxidu uhelnatého a tuhých látek. Při spalování dřevních odpadů nebo slámy totiž hrozí nebezpečí, že popeloviny, které se taví, budou ve formě taveniny problémem a to z důvodu zalepování ohniště a teplosměnných ploch. „Ze suché biomasy se při vysokých teplotách uvolňují hořlavé plynné složky, tzv. dřevoplyn. Jestliže je přítomen vzduch, dojde k hoření, tj. jde o prosté spalování. Pokud jde o zahřívání bez přístupu vzduchu, odvádí se vzniklý dřevoplyn do spalovacího prostoru, kde se spaluje obdobně jako jiná plynná paliva.“ [14] V takových případech je výhodné spalování dřevního plynu ve spalovacím prostoru nebo zplyňování dřevní hmoty. V dnešní době jsou známy dva druhy spalování biomasy a to spalování na roštu a na fluidní vrstvě. Spalování na roštu je rozšířenější, fluidní má ale několik důležitých výhod a jeho vývoj neustále pokračuje. [2]

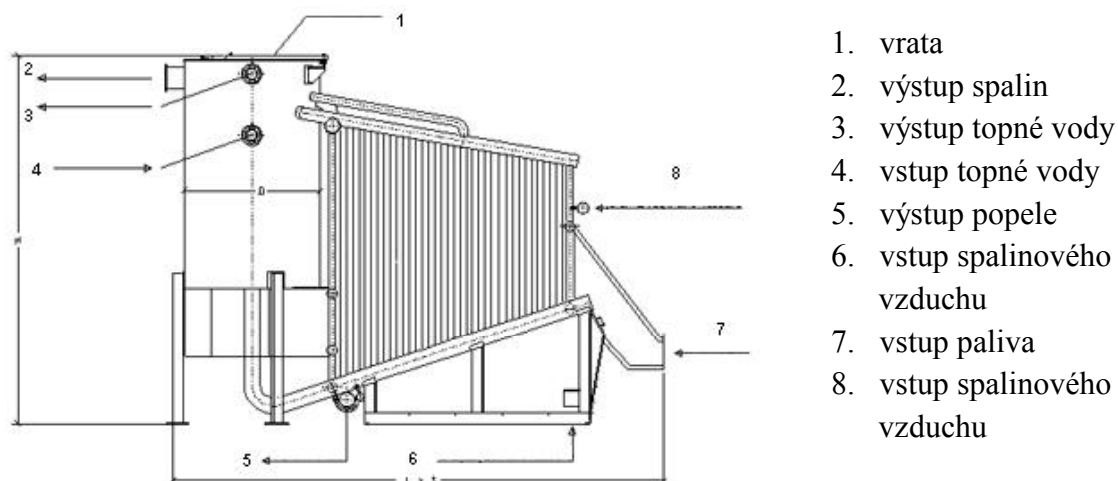
#### 4.1.1 Zařízení na spalování biomasy

Kotle o výkonech do 60 kW: v těchto druzích kotlů se spaluje hlavně dřevo. Dřevo má ze všech paliv nejvyšší podíl látek uvolňovaných pyrolýzou a musíme na tento fakt brát zřetel zejména při konstrukci kotle, co se týče roštu a prostoru kolem něj. Nejprve dochází k sušení, při kterém se odpařuje voda z paliva. Následně dochází k pyrolýze. Při té se uvolňuje plynná složka paliva, která se dále spaluje. Nakonec se spalují pevné látky a to hlavně uhlík. Jestliže je rovnoměrně dodáváno palivo a je zajištěn dostatečný přísun kyslíku, probíhají výše zmíněné fáze současně. Je nutné také dodat, že jestliže chceme dosáhnout co největší ekologičnosti spalování, musíme spalovat dřevo pouze v kotlích na dřevo, nikoliv v kotlích určených například pro uhlí nebo koks. Kotle do 60 kW na spalování biomasy nacházejí své uplatnění především v rodinných domech, menších budovách nebo dílnách.



*Obr. 4-1 Kotel o jmenovitém výkonu 16 kW [15]*

Kotle o výkonech 100 kW až 5 MW: tyto kotle mívají nejčastěji spodní přívod paliva. Samotný přívod je zajištěn dopravníkem, např. šnekovým nebo pásovým, či jiným podávacím zařízením. Lze použít několik druhů roštů, posuvné, pásové nebo řetězové. Setkáváme se i s pojmem předtopeniště, čímž rozumíme určitou samostatnou energetickou jednotku. Ta nám zajišťuje efektivnější spalování dříví. Předtopeniště přiřazujeme k již hotovým kotlům na fosilní paliva. Ty po instalaci předtopeniště plní funkci výměníku tepla. Předtopeniště se skládá ze zásobníku paliva, roštu, spalovací komory, hořáku a odvodu spalin a tuhých zbytků. Schéma kotle spadajícího do této výkonové kategorie lze vidět na obrázku 4-2. V kotelnách vybavených kotli o výkonech 100 kW až 5 MW můžeme poté ještě nalézt zařízení jako odlučovač, hydraulický válec, ventilátor, komín aj. Kotle této kategorie jsou využívány pro vytápění větších průmyslových objektů.



*Obr. 4-2 Schéma kotle STEP-KB s výkonovým rozsahem 600 ÷ 5000 kW na spalování dřevní štěpky a zrna [16]*

Kotle o výkonech nad 5 MW: jsou to kotle používané pro centralizované zásobování teplem. Teplo z těchto kotlů je dodáváno pomocí rozvodů k více spotřebitelům. Lze tedy vytápět např. velké areály výrobních podniků ale i celé obce. Často je používána společná výroba tepla a elektřiny zároveň, tzv. kogenerace. Výrobu elektřiny zajišťují zpravidla plynové motory, plynové turbíny, nebo parní turbíny.

Kotle na slámu: vyznačují se charakteristickým tvarem spalovací komory, která je uzpůsobena balíkům slámy. Kotle mají menší výkony, cca 50 až 100 kW a začali je používat zemědělci, především pro své účely na farmách. Můžeme narazit i na kotle s vyššími výkony kolem 300 kW, u nich se ale potýkáme s problémem spočívajícím v udržení limitů na prachové částice, CO a NO<sub>x</sub>. Existují i vysokovýkonové kotle až 1 MW. Do moderních kotlů na slámu se balíky navážejí na vidlích, např. na traktor, nebo na vysokozdvížných vozících a mají řízené spalování.

[2]



*Obr. 4-3 Kotel na spalování celých balíků slámy [17]*



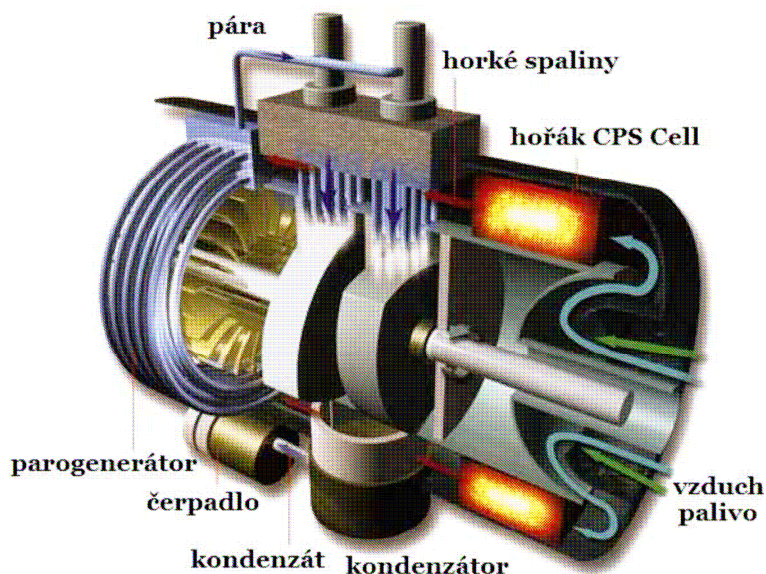
#### 4.1.2 Zařízení pro kogeneraci energie

- kogenerace  $\Rightarrow$  kombinovaná výroba elektrické energie a tepla (KVET)

Při výrobě elektřiny vzniká odpadní teplo. Protože velká část tohoto odpadního tepla není využita a je vypouštěna do ovzduší, mívají tepelné elektrárny účinnost kolem 30%, výjimečně 50%. Použitím kogenerační jednotky můžeme toto teplo výhodně použít např. k vytápění budov nebo ohřevu vody. U kogeneračních jednotek je dosaženo větších účinností, konkrétně 80 až 95%. Elektřina se v těchto jednotkách vyrábí stejným způsobem jako v běžných elektrárnách.

Pro KVET lze využít velké množství zařízení:

- zařízení s parním strojem
- zařízení s plynovými motory
- zařízení se spalovacími turbínami
- zařízení se Stirlingovým motorem
- zařízení s organickým Rankinovým cyklem
- zařízení s mikroturbínami
- kogenerační mikrojednotky s parním článkem SteamCell



Obr. 4-4 Kogenerační jednotka SteamCell na bázi parního rotačního motoru [18]

## 4.2 Ostatní termochemické procesy

### 4.2.1 Zplyňování biomasy

„Pro zplyňování biomasy jsou v současné době používány dva základní způsoby:

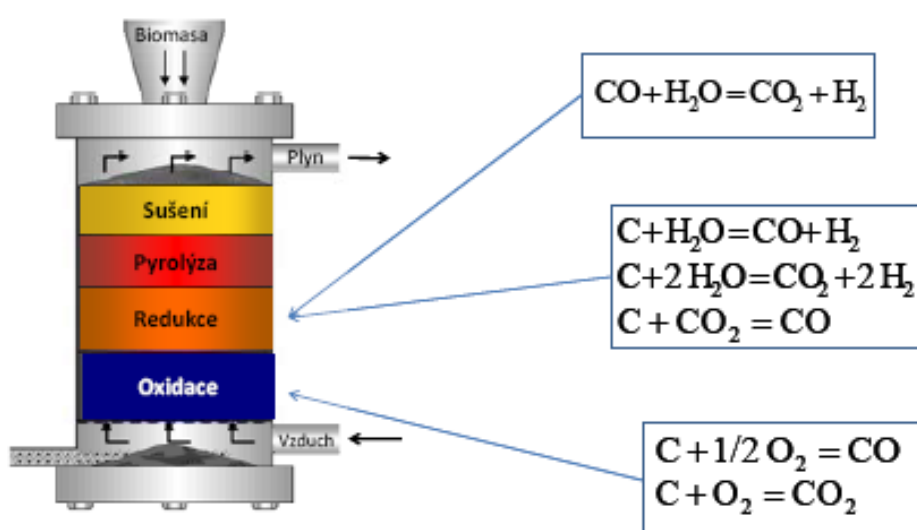
- zplyňování v generátorech s pevným ložem
- zplyňování ve fluidních generátorech

První z obou metod je jednodušší, méně investičně náročná, avšak je použitelná jen pro malé tepelné výkony. Zplyňování probíhá při nižších teplotách (kolem 500°C) a za atmosférického tlaku ve vrstvě biomasy. Vzduch jako okysličovací médium proudí buď v souproudu (směr dolů) nebo v protiproudu (směrem nahoru) vzhledem k postupnému pohybu zplyňovaného biopaliva. Popelové zbytky se odvádějí ze spodní části reaktoru. Nevýhodou tohoto systému je značná tvorba dehtových látek, fenolů a pod., jejichž odstranění je pak největším problémem.

U druhé metody probíhá zplyňovací proces při teplotách 850 až 950°C. Souběžně zde probíhá vývoj ve dvou základních směrech zplyňování při atmosférickém tlaku, zplyňování v tlakových generátorech při tlaku 1,5 až 2,5 MPa.

Oba způsoby mají své výhody a nevýhody. Tlakové zplyňování biomasy vycházelo bezprostředně z vývoje zplyňovacích technologií uhlí, v nichž byly z mnoha důvodů používány výlučně tlakové generátory. Obecně menší jednotkové výkony zařízení s biomasou a její specifické vlastnosti vedou k tomu, že v současné době je dávana přednost systémům s atmosférickým zplyňováním a s tlakovým zplyňováním se uvažuje až u případných budoucích projektů tepelných centrál s výkony většími než asi 60 MW.

Výhřevnost vyrobeného plynu se pohybuje v rozmezí 4 až 6 MJ / m<sup>3</sup>, přičemž tento plyn je bez větších úprav použitelný pro spalování v klasických kotlových hořácích a po dodatečném vyčištění i ve spalovacích komorách spalovacích turbín a upravených spalovacích motorech.“ [19] Plyn se skládá z N<sub>2</sub> (40%), CO (25%), H<sub>2</sub> (20%), CO<sub>2</sub> (10%) a CH<sub>4</sub> (4%).



Obr. 4-5 Sesuvný protiproudý generátor [20]

#### 4.2.2 Pyrolýza

Pyrolýza se řadí mezi termické děje. Její název je odvozen od řeckých slov pyr a lysis, která znamenají oheň a rozpuštění. Termickými ději rozumíme takové, u nichž teplota při které probíhají, přesahuje teplotu chemické stability použitého odpadu. Narozdíl od spalování, což je také termický proces, dochází při pyrolýze k rozkladu bez přístupu oxidačních látek, tzn. že se jedná o reduktivní proces. Spalování je proces oxidativní.

Pyrolýzu dělíme na tyto tři druhy:

- nízkoteplotní (do 500°C)
- středněteplotní (500-800°C)
- vysokoteplotní (nad 800°C)

Při pyrolýze dochází v závislosti na momentální teplotě k mnoha různým dějům. Tyto lze rozdělit do tří skupin:

- Děje probíhající při teplotách do 200°C: v této oblasti teplot můžeme pozorovat sušení odpadu a následně tvorbu vodních par. Tyto děje lze nazvat endotermickými.
- Děje probíhající při teplotách 200 – 500°C: zde dochází k odštěpení bočních řetězců z vysokomolekulárních organických látek. Makromolekulární struktury se mění na plynné a kapalné produkty a uhlík. Dochází k tzv. suché destilaci.
- Děje probíhající při teplotách 500 – 1200°C: produkty vzniklé předchozí suchou destilací jsou štěpeny a transformovány. Vznikají stabilní plyny CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> a H<sub>2</sub>. Jejich procentuální zastoupení je: CO<sub>2</sub> (cca 5 ÷ 60%), dále CO (cca 40 ÷ 60%), CH<sub>4</sub> (cca 5 ÷ 15%), C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (cca 0,3 ÷ 1%) a H<sub>2</sub> (cca 3 ÷ 20%). Tyto prvky tvoří až 95% plynu a jejich koncentrace jsou závislé na aktuální teplotě a druhu zpracovávané biomasy.

„Rychlá pyrolýza je jedním z nejnovějších procesů ve skupině technologií, které mění biomasu ve formě dřeva a jiných odpadních materiálů na produkty vyšší energetické úrovně, jako jsou plyny, kapaliny a pevné látky. Jejím primárním energetickým produktem je kapalina, bio-olej, kterou lze snadno skladovat a přepravovat. Je to tmavě hnědá kapalina s hustotou asi 1,2 kg/dm<sup>3</sup>, výhřevností 16-19 kJ/kg.“ [19] Obsah vody v biooleji se pohybuje od 15 do 30%. Dále obsahuje fenol, levoglukosan, hydroxyacetaldehyd a až několik set dalších chemikálií v různých koncentracích a malý podíl popela (cca 0,1%). „Nezbytným krokem pro omezení obsahu vody v bio-oleji je předsoušení biomasy na vlhkost nižší než 10% (výjimečně až 15%). Správný průběh pyrolýzního procesu je dán extrémně rychlým přívodem tepla do suroviny, udržováním potřebné teploty, krátkou dobou pobytu par v reakční zóně a co nejrychlejším ochlazením vzniklého produktu. Produkci tekutého paliva pyrolýzou lze uskutečnit z libovolného biopaliva. Procesy rychlé pyrolýzy jsou intenzivně vyvíjeny řadou institucí a výrobců zejména během posledních deseti let. Biomasy je nutno před vstupem do reaktorů rozdrtit na požadovanou velikost (různou podle typu reaktoru), což zabezpečuje rychlý průběh reakce a snadnou separaci pevných částí.“ [19] Ohřev biomasy lze provádět přenosem tepla z horkého povrchu např. teplé stěny reaktoru, nebo z horkého materiálu, jímž může být třeba horký písek (u fluidního spalovacího systému).



*Obr. 4-6 Pyrolýzní jednotka firmy BTG [18]*

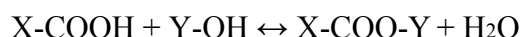
#### **4.2.3 Katalytické zkapalňování**

„Katalytické zkapalňování je procesem, který může potenciálně produkovat kvalitnější produkty s vyšší energetickou hustotou než ostatní termochemické procesy. Je to nízkoteplotní, vysokotlaký termochemický konverzní proces, který probíhá při teplotě cca 300-350°C a tlaku 12-20 MPa ve vodním prostředí. Při reakci však vyžaduje katalyzátor (NaOH) nebo vysoký parciální tlak vodíku. Primárním produktem je organická kapalina (bio-olej) se sníženým obsahem kyslíku (kolem 10%) a vedlejším produktem je voda obsahující rozpustné organické látky. Tato technologie je zatím ve stádiu vývoje, ovšem vzhledem k vysoké kvalitě výsledných produktů může být v budoucnosti velmi zajímavá.“ [18]

### **4.3 Chemické procesy**

#### **4.3.1 Esterifikace**

Hlavním produktem esterifikace je bionafta. Surovinou, potřebnou k její výrobě, je řepkový nebo jiný olej, který se při reakci, tedy tzv. esterifikaci, mísí z methanolem nebo ethanolem a katalyzátorem. Jako katalyzátor lze použít hydroxid draselný (KOH) nebo hydroxid sodný (NaOH), možné je i použití kyseliny sírové (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Vedlejším produktem esterifikace je glycerin, který lze použít jako přísadu do různých kosmetických přípravků, nebo například do nemrznoucích směsí, své použití má i v lékařství, je ho však na trhu přebytek. Rovnice obecné esterifikace má následující tvar:



kde X a Y nahrazují chemické sloučeniny účastníci se reakce, v případě výroby bionafty tedy metanol a řepkový olej za přítomnosti katalyzátoru.

## 4.4 Biologické procesy

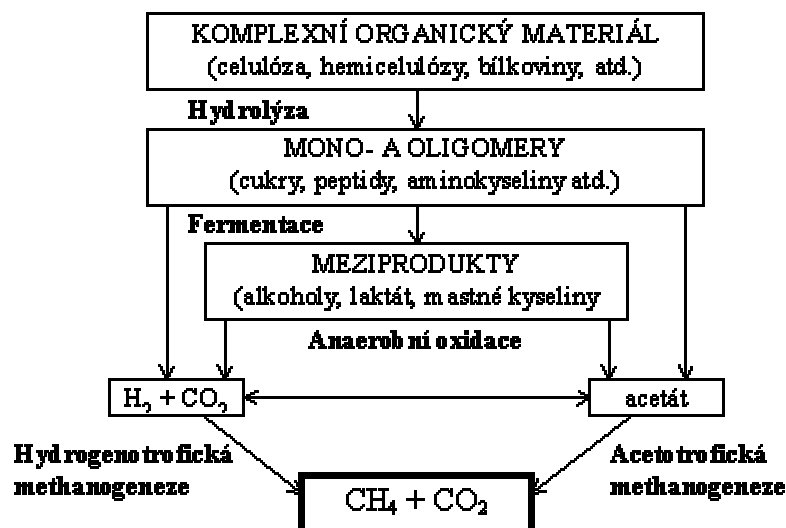
### 4.4.1 Anaerobní digesce

Produktem procesu anaerobní digesce je bioplyn. Bioplyn je bezbarvý plyn, v němž má největší podíl methan s cca 60% celkového objemu, zbytek, tedy cca 40%, představuje oxid uhličitý a další složky jako jsou  $N_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ .

Bioplyn se získává v bioplynových stanicích, které bývají součástí čistíren odpadních vod, zemědělských družstev nebo mohou být umístěny přímo na skládkách komunálního odpadu. Máme zde tedy široké spektrum látek, které nám dávají možnost výroby bioplynu. Jsou to například dřevo, tráva, kejda, hnůj, biologicky rozložitelný komunální odpad, kaly splaškových vod, použité organické tuky, odpady z pivovarů, lihovarů, cukrovarů, papíren. Pro anaerobní digesti jsou vhodné dobře rozložitelné materiály.

„Technologie anaerobní digesce bioodpadů je důležitou technologií trvale udržitelného života na naší planetě. Touto technologií nejen získáváme obnovitelnou energii, ale zároveň využíváme biologické odpady a zabezpečujeme velmi účinné humusové hnojivo pro obnovu úrodnosti půd. Proto se tato technologie celosvětově rozšiřuje.“ [21]

Anaerobní digesce je založena na bioenergetické transformaci organických látek. Ve své podstatě je to skupina procesů, ve kterých se surovina rozkládá na biologicky odbouratelnou organickou hmotu. Probíhá za nepřítomnosti vzduchu. Jak je uvedeno výše, produktem anaerobní digesce je bioplyn, a také vyhníly substrát. Ten lze použít na hnojení, kompostování nebo jej lze rozdělit na pevnou a tekutou frakci. Pevná frakce je z 80-83% tvořena fosforem, uhlíkem a dusíkem. Díky tomuto složení je tedy vhodná jako hnojivo. Z živin je poté bohatá hlavně na amonný dusík, tudíž vhodná také jako živina pro rostliny a je tak používána v závlahovém systému polí. Model anaerobní digesce je znázorněn na obrázku 4-7. [22]



Obr. 4-7 Model anaerobní digesce [23]



#### 4.4.2 Kompostování

„Rozklad organických látek probíhá v přírodě neustále, ale je relativně pomalý. Úkolem výroby kompostů je vytvoření takových podmínek, aby se proces urychlil a byl co nejdokonalejší. Vlastní rozemletí dřevního odpadu se provádí v kladivovém mlýnu s tříděním. Nejjednodušší způsob kompostování je v hromadách. Materiál se pravidelně přehazuje, tím se promíchává a současně provzdušňuje. Tato technologie je poměrně drahá a časově náročná.



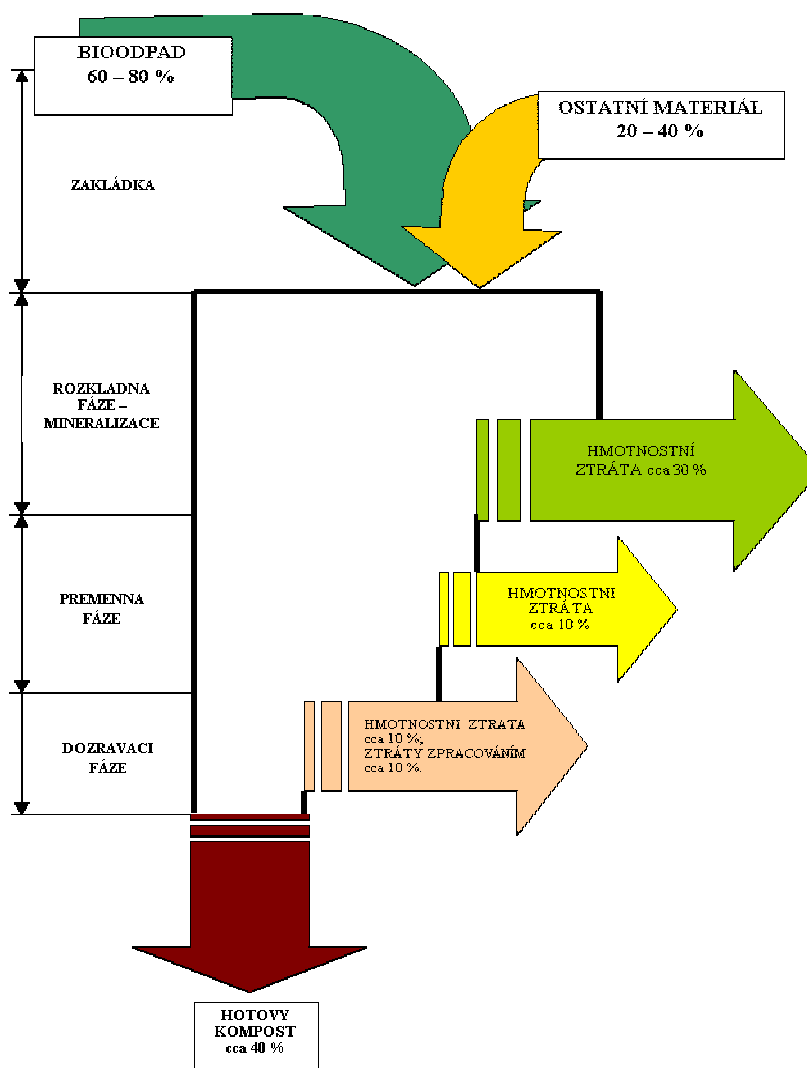
Obr. 4-8 Kladivový mlýn TYP DKM 400/1500 [24]

Další technologií jsou kompostovací žlaby opatřené míchacím zařízením, které materiál ve žlabu přehazuje a současně posunuje. Celé zařízení pracuje kontinuálně. Na konci žlabu se materiál odebírá. Provzdušňovací kontejnery zlepšují provzdušnění kompostu, avšak manipulace s kontejnery je náročná a kontinuální provoz lze dosáhnout pouze použitím více kontejnerů.



Obr. 4-9 Kompostovací žlab [25]

Poslední používanou technologií jsou bioreaktory, ve kterých probíhá proces kompostování plynule. Bioreaktory jsou vertikální nebo horizontální. Vertikální bioreaktor tvoří věžové zásobníky, ve kterých se kompostovaný materiál pohybuje působením gravitace a je zároveň provzdušňován vzduchem přiváděným dnem reaktoru. Horizontální bioreaktory jsou tunelové konstrukce s hydraulickým zařízením pro posuv materiálu, který je provzdušňován vzduchem přiváděným dnem tunelu. “ [26]



Obr. 4-10 Schéma průběhu kompostování [27]

## 5 EKOLOGICKÉ DOPADY SPOJENÉ SE ZPRACOVÁNÍM BIOMASY

### 5.1 Emise a imise

Emisemi nazýváme látky, které v koncentrované podobě vypouštíme do ovzduší, např. z komína, výfuku. Jsou to látky znečišťující a podle zákona musíme dodržovat jejich maximální koncentraci, kterou do ovzduší vypouštíme. Maximální koncentrace vyplývající ze zákona, nazýváme emisními limity. Látky, které se vyskytují v oblasti, ve které jsou vdechovány lidmi, nazýváme imisemi. Jejich maximální koncentrace je také kontrolována zákony, tentokrát se nazývají imisní limity. Množství těchto škodlivých látek se udávají buď hmotnostní koncentrací ( $\text{mg.m}^{-3}$ ,  $\mu\text{g.m}^{-3}$ ,  $\text{ng.m}^{-3}$ ), nebo objemovou koncentrací (1ppm, tj  $1\text{cm}^3$  znečišťující látky v  $1\text{m}^3$  vzduchu) za časové období, nejčastěji za jeden rok. Tj. celková hmotnost nebo objem jednotlivých látek vypuštěných z určitého objektu. Při měření emisí používáme měřicí sondy, které se umístí do co možná největší blízkosti spalínového hrdla. Zde totiž nemůže docházet k ředění spalín a tím k možnému zkreslení naměřených hodnot.

### 5.2 Emise vzniklé při zpracování biomasy

Při spalování biomasy vznikají obdobné látky jako při spalování fosilních paliv. Jsou to tedy hlavně  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Rozdíl je zde ovšem ten, že  $\text{CO}_2$  nevzniká v množství větším, než bylo rostlinami přijato z ovzduší a ani ne větším než by se zpět do atmosféry dostalo přirozeným koloběhem. Dá se říci, že spalování biomasy nám tudíž supluje jakýsi přirozený cyklus bez velkých negativních vlivů na životní prostředí a nevytváří skleníkové plyny. Biomasa také obsahuje velmi malé až mizivé množství těžkých kovů a obsahem dusíku se od fosilních paliv také výrazně liší. Ten je v biomase zastoupen 0,1 až 0,5 % oproti 1,5 %. Vznikají ale také látky škodlivé a to v závislosti na látkách obsažených v biomase. Jako výsledek nedokonalého spalování je nejvíce zastoupen CO. Jestliže jsme schopni zaručit ideální podmínky pro dokonalé spalování, je CO oxidován na  $\text{CO}_2$  a jeho emise se jeví prakticky nulové. Dále vznikají emise  $\text{NO}_x$  a  $\text{SO}_2$ . Obsah síry je však v biomase natolik nízký, že si s jejími emisemi nemusíme dělat starosti, což je velkou výhodou. [2]

### 5.3 Emisní limity

„Jmenovité tepelné výkony velkých a středních zdrojů téhož provozovatele se pro účely stanovení emisních limitů sčítají, jestliže jsou umístěny ve stejné místnosti, stavbě nebo v provozním celku, spalují stejný druh paliva a spaliny jsou vypouštěny společným komínem bez ohledu na počet komínových průduchů nebo by s ohledem na uspořádání a druh používaného paliva mohli být vypouštěny společným komínem. Emisní limity uvedené v tabulce 5-1 platí pro vztažné podmínky a obsah kyslíku 11%.“ [5]

tuhé znečišťující látky	oxid siřičitý	oxidy dusíku	oxid uhelnatý	organické látky (uhlík)
250 $\text{mg/m}^3$	2 500 $\text{mg/m}^3$	650 $\text{mg/m}^3$	650 $\text{mg/m}^3$	50 $\text{mg/m}^3$

Tab. 5-1 Emisní limity při spalování v zařízení spalujícím dřevo o výkonu kolem 0,2 MW [2]



### ***Zákony, vyhlášky a nařízení zabývající se emisními limity***

- 205/2009 Sb. - Vyhláška o zjišťování emisí ze stacionárních zdrojů a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.  
(účinnost od: 18. července 2009)
- 372/2007 Sb. - Nařízení vlády o národním programu snižování emisí ze stávajících zvláště velkých spalovacích zdrojů. (účinnost od: 1. ledna 2008)
- 615/2006 Sb. - Nařízení vlády o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.  
(účinnost od: 1. ledna 2007)
- 696/2004 Sb. - Vyhláška, kterou se stanoví postup zjišťování, vykazování a ověřování množství emisí skleníkových plynů. (účinnost od: 30. prosince 2004)
- 206/2006 Sb. - Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 354/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu.  
(účinnost od: 1. července 2006)
- 352/2002 Sb. - Nařízení vlády, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.  
(účinnost od: 14. srpna 2002)
- 695/2004 Sb. - Zákon o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů a o změně některých zákonů.  
(účinnost od: 30. prosince 2004)
- 212/2006 Sb. - Zákon, kterým se mění zákon č. 695/2004 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů a o změně některých zákonů, zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů.  
(účinnost od: 1. června 2006)
- 356/2002 Sb. - Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování.  
(účinnost od: 11. července 2002)
- 353/2002 Sb. - Nařízení vlády, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.  
(účinnost od: 3. července 2002)

- 315/2008 Sb. - Zákon, kterým se mění zákon č. 695/2004 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů a o změně některých zákonů, ve znění zákona č. 212/2006 Sb. (účinnost od: 1. září 2008)
- 363/2006 Sb. - Vyhláška č. 363/2006 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 356/2002 Sb., kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování. (účinnost od: 1. srpna 2006)
- 150/2005 Sb. - Vyhláška, kterou se stanoví formulář žádosti o vydání povolení k emisím skleníkových plynů. (účinnost od: 15. dubna 2005)
- 12/2009 Sb. - Vyhláška o stanovení postupu zjišťování, vykazování a ověřování množství emisí skleníkových plynů a formuláře žádosti o vydání povolení k emisím skleníkových plynů. (účinnost od: 1. května 2009)  
[28]

## 5.4 Účinnost spalování

Účinnost spalování je dalším důležitým faktorem týkajícím se ekologického dopadu zpracování biomasy. Každý zdroj musí spalovat palivo s určitou účinností, která je taktéž nařízena zákonem, nebo s účinností vyšší. Účinnost se u většiny zařízení musí kontrolovat v dvouletých intervalech.

Tato účinnost se vypočte ze vztahu:

$$\eta_s = 100 - \xi \quad \text{kde } \eta_s \text{ je účinnost spalování}$$

$\xi$  je komínová ztráta

V následujících tabulkách jsou uvedeny minimální účinnosti spalovacích zařízení:

Jmenovitý tepelný výkon	Datum uvedení zařízení do provozu		
	do 31.12. 1982	do 31.12. 1985	do 31.12. 1990
11-25 kW	85%	86%	70%
25-50 kW	86%	87%	72%
nad 50kw	87%	88%	90%

Tab. 5-2 Zařízení spalující kapalná a plynná paliva [2]

Jmenovitý tepelný výkon	Datum uvedení zařízení do provozu		
	do 31.12. 1982	do 31.12. 1985	do 31.12. 1990
15-20 kW	68%	69%	70%
20-50 kW	70%	71%	72%
nad 50kw	72%	73%	74%

Tab. 5-3 Zařízení spalující tuhá paliva [2]

## 6 EKONOMIKA

Ekonomika a konkurenceschopnost biopaliv vůči standardizovaným fosilním palivům závisí na mnoha faktorech. Je důležité spočítat si všechny náklady a výdaje, které nás při pěstování a následném zpracování biomasy čekají. K určení celkových nákladů si můžeme stanovit následující kroky.

### 6.1 Náklady na pěstování a sklizeň plodin

Abychom mohli říci, že biomasa je obnovitelný zdroj energie, nesmí náklady na její pěstování přesáhnout energetický potenciál. Základem kalkulace nákladů jsou modelové technologické postupy, které obsahují časový sled technologických operací, opakovatelnost operace, materiálové vstupy a produkci. Při výpočtech ekonomiky vycházíme ze základního členění nákladů na variabilní a fixní. Ekonomické výpočty jsou zpracovány pro výrobní oblasti ve kterých je pěstování dané energetické plodiny vhodné. Ve výpočtech uvažuje zajištění všech operací vlastními mechanizačními prostředky. Jejich pronájem by dále činil pěstování biomasy nákladnějším.

- materiálové náklady (organická, průmyslová a vápenatá hnojiva, osivo a sadba, chemické přípravky) - vycházejí z údajů modelových technologických postupů
- náklady na mechanizované práce - vycházejí z doporučených strojových souprav a rozsahu využití souprav v modelových technologických postupech. Variabilní náklady mechanizovaných prací zahrnují náklady na pohonné hmoty a maziva, náklady na opravy a údržbu stroje a osobní náklady obsluhy. Hlavní položkou fixních nákladů jsou odpisy strojů, dále pak obsahují pojištění, náklady na uskladnění stroje a zúročení kapitálu. Jako doplňkové údaje se uvádějí spotřeba paliva a potřeba práce obsluhy strojů
- fixní náklady - obsahují nájemné půdy, daně, odpisy a opravy staveb, úroky z úvěrů, výrobní a správní režii. Fixní náklady byly stanoveny metodou odborného odhadu podle dostupných informací ze statistických sledování a ze sledování v zemědělských podnicích. [29]

### 6.2 Náklady na zpracování produktu

„Zpracování produktu do formy řezanky nebo do velkobjemových balíků je zahrnuto v technologických postupech a tedy i náklady jsou již zahrnuty v nákladech na pěstování a sklizeň. Náklady na briketování a peletování získané od výrobců se pohybují podle výkonnosti linky v rozmezí od 612 do 690 Kč/t u briketování a od 430 - 635 Kč/t u peletování.“ [29]

## 7 LEGISLATIVA EU A ČR K PĚSTOVÁNÍ BIOMASY

„Základní právní a technické normy mají za cíl vytvořit rámec pro chování podnikatelských subjektů a spotřebitelů, stanovit technické požadavky na zařízení a výrobky, implementovat právní systém EU do našeho právního systému a stanovit funkce, pravomoci a podmínky činnosti správních a samosprávných orgánů tak, aby byla zabezpečena ochrana životního prostředí, zdraví lidí a rovné podmínky pro hospodářskou soutěž včetně ochrany spotřebitelů.“ [2] Zde jsou nejdůležitější zákony týkající se obnovitelných zdrojů:

- Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů: Tzv. Energetický zákon. Tento zákon upravuje podmínky podnikání, výkon státní správy a regulaci v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, jakož i práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.
- Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií: stanovuje opatření pro zvyšování hospodárnosti využití energie a práva a povinnosti při nakládání s energií a energetickými zdroji.
- Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů a o změně některých zákonů: Tzv. Zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů. Upravuje pravidla podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (OZE), tedy energie větru, slunečního záření, vody, půdy, vzduchu, biomasy a bioplynu, geotermální energie, energie skládkového a kalového plynu.

Bavíme-li se o podpoře Evropské unie k využívání OZE, musíme zmínit jeden z nejdůležitějších dokumentů, tím je Bílá kniha Energie pro budoucnost - obnovitelné zdroje energie z listopadu roku 1997. [30] Tato publikace si klade za cíl zvýšit využití energie z OZE v roce 2010 na 12%. Předpis je přitom závazný pro země EU 15. Když Česká republika vstupovala do EU dala si za cíl splnit 8 % podíl OZE v celkové produkci energie v roce 2010. V oblasti výroby elektrické energie z OZE byla v roce 2001 přijata Směrnice Evropského parlamentu a Rady o podpoře elektrické energie z obnovitelných zdrojů na vnitřním trhu s elektřinou 2001/77/EC.

Přijetím této směrnice ovšem nastaly komplikace. Tento dokument totiž neplatí, jako předchozí, pouze pro země EU 15, ale pro všechny země Evropské unie a určuje, že v roce 2010 bude podíl elektřiny z OZE 22,1%, tento plán se ovšem v roce 2004 stal méně uskutečnitelným vzhledem ke vstupu dalších 10 zemí do společenství Evropské unie. V dnešní době je tedy platný pro všech 27 zemí a na ty by měl být také rozšířen cíl Bílé knihy s tím, že lhůta na jeho splnění by se posunula do roku 2020, což je podle mnohých studií splnitelné.

Z důležitých mezinárodních legislativních smluv je nutné uvést Kjótský protokol. [31] Je to první mezinárodní smlouva, která se zabývá snížením exhalací.

## 8 ZÁVĚR

„Pěstování a využívání biomasy pro energetické a technické účely je v České republice ve srovnání se zeměmi EU zatím v začátcích“ [32] Rok od roku ovšem její význam stoupá a je stále více využívána. „Během příštích padesáti let by měl podíl energií z obnovitelných zdrojů dosáhnout až 30% z celkové spotřeby energie. Ze všech obnovitelných zdrojů přitom biomasa tvoří 60% a počítá se s jejím navýšením na 80%.“ [5] Tato čísla nám jasně dokazují, že si lidstvo uvědomuje nebezpečnost spalování fosilních paliv a s tím spojenou produkci škodlivých skleníkových plynů (i když využíváme atomovou energii, přesto zůstávají fosilní paliva většinou surovinou pro výrobu energie) a že chce dát definitivní sbohem 19. století, tedy století, jehož neodmyslitelným symbolem byl komín a z něho vystupující oblaka černého dýmu. Elektrárny a teplárny, zpracovávající ať už samotnou biomasu nebo biomasu a uhlí dohromady, rostou po celém světě, ale nejde zde pouze o tyto velké producenty elektřiny a tepla, kteří samozřejmě přispívají životnímu prostředí nejvíce. Pomáhají i menší živnostníci, pořizující si kotle menších výkonů na zpracování biomasy, například pro vytápění svých firem.

Aby mohla být biomasa využita k výrobě elektřiny, tepla, biopaliv nebo bioplynu musíme znát technologie na její zpracování. Jednou z nejpoužívanějších technologií je bezesporu spalování. Tato technologie je již dokonale zpracována, tedy je proveditelná bez větších rizik, jejím produktem je tepelná energie. Dalšími technologiemi spadajícími do termochemických přeměn jsou zplyňování a pyrolýza. První z nich byla v Evropě používána již za druhé světové války. Jejím produktem je plyn, který může být s výhodou používán v klasických kotlových hořácích, v některých případech může dokonce nahradit i zemní plyn. Druhou technologií je pyrolýza, jejíž vývoj je zaměřen především pro využití při výrobě kapalných paliv. Esterifikace a zkapalňování jsou metody relativně nové a ještě nepříliš technologicky zvládnuté a na jejich vývoji se neustále pracuje. Zejména proto, že slibují vysoký potenciál ve formě kvalitních konečných produktů. Další kategorií jsou biologické procesy. Bioplyn, který lze takto získat, se dále používá jako palivo pro výrobu tepla, nebo elektrické energie. „Přes všechny tento vývoj není úroveň využívání obnovitelných zdrojů uspokojivá a reálná splnitelnost indikativních cílů EU pro využití OZE v roce 2010 je spíše vzdálenou chimérou než reálnou vyhlídkou. To však neznamená, že bychom v úsilí využívat obnovitelné zdroje měli polevit, naopak, zejména biomasa nabízí obrovský potenciál k dalšímu využití.“ [18]

Biomasa a její pěstování a další zpracování nám ale může přinášet, mimo výroby elektřiny a tepla a ochrany životního prostředí, i jiný užitek. Pro zemědělství je pěstování biomasy vítanou možností využití ladem ležící půdy, která nemůže být využita pro pěstování potravin. Další využitelný potenciál se skrývá ve formě popela, který zbude po spalování. Ten lze použít jako kvalitní zemědělské hnojivo. Z dalších výhod můžeme jmenovat za prvé, že jde o nevyčerpatelný zdroj energie a za druhé, že se jedná o ekologický zdroj energie, tedy do budoucna nezátížený o ekologické daně. Abychom byli objektivní, biomasa nemá jen výhody. Mezi největší úskalí, spojená s jejím pěstováním, patří vysoký obsah vody a tedy nízká výhřevnost. Nutné jsou vzhledem k velkým objemům paliva velké skladovací prostory a tedy složitější manipulace než s elektřinou nebo plynem.

V celé využitelnosti biomasy, počínaje jejím vysazením nebo vyprodukováním odpadu, konče vyrobenou elektřinou nebo teplem, určitě převažují klady nad zápory. Z nichž tím největším je určitě dopad na životní prostředí. Důležité ale je uvědomit si, že biomasu lze nazvat obnovitelným zdrojem pouze tehdy, když náklady na její pěstování, zpracování a logistiku nepřesáhnou její energetický potenciál.

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Biomasa z energetických rostlin. Biom.cz [online]. 2006-04-19 [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-z-energetickych-rostlin>>. ISSN: 1801-2655.
- [2] JEVIČ, Petr; KÁRA, Jaroslav; PASTOREK, Zdeněk. *Biomasa : obnovitelný zdroj energie*. Vyd. 1. Praha: FCC Public, 2004. 266 s. ISBN 80-86534-06-5.
- [3] ČEZ [online]. 2006 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/f2.htm>>.
- [4] MOTLÍK, Jan, VÁŇA, Jaroslav: Biomasa pro energii (1) Zdroje. Biom.cz [online]. 2002-02-01 [cit. 2010-04-27]. Dostupné z WWW: <[http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje?apc=/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje&nocache=invalidate&sh\\_itm=891f515cb40c24d749b9ac1f41cd3326&add\\_disc=1](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje?apc=/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje&nocache=invalidate&sh_itm=891f515cb40c24d749b9ac1f41cd3326&add_disc=1)> ISSN: 1801-2655.
- [5] MALAŤÁK, J.; VACULÍK, P: *Biomasa pro výrobu energie*. ČZU v Praze, Technická fakulta, tisk. Powerprint, Praha 2008, 206 s., ISBN: 978-80-213-1810-6.
- [6] CELJAK, Ivo, BOHÁČ, Jaroslav: Využití biomasy rychle rostoucích dřevin v energetice sidel. Biom.cz [online]. 2008-12-01 [cit. 2010-04-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biomasy-rychle-rostoucich-drevin-v-energetice-sidel>>. ISSN: 1801-2655.
- [7] BUUREN, Martin van: Vodní řasy pro energetiku – zkušenosti z Nizozemska. Biom.cz [online]. 2008-10-22 [cit. 2010-05-20]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vodni-rasy-pro-energetiku-zkusenosti-z-nizozemska>>. ISSN: 1801-2655.
- [8] PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Rumex OK 2 – krmný šťovík. Biom.cz [online]. 2009-05-11 [cit. 2010-04-27]. Dostupné z WWW: <[http://biom.cz/cz-bioplyn/odborne-clanky/rumex-ok-2-krmny-stovik?apc=/cz-bioplyn/odborne-clanky/rumex-ok-2-krmny-stovik&nocache=invalidate&sh\\_itm=4c44db37f14ab6ec084cda0a3ceef337&all\\_ids=1](http://biom.cz/cz-bioplyn/odborne-clanky/rumex-ok-2-krmny-stovik?apc=/cz-bioplyn/odborne-clanky/rumex-ok-2-krmny-stovik&nocache=invalidate&sh_itm=4c44db37f14ab6ec084cda0a3ceef337&all_ids=1)>. ISSN: 1801-2655.
- [9] SVEKO [online]. [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <[http://www.sveko.cz/cs/energie\\_z\\_biomasy/](http://www.sveko.cz/cs/energie_z_biomasy/)>.
- [10] Biom [online]. 2001-2009 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/obrazek/k-produkci-bioetanolu-se-bude-vyuzivat-i-mene-kvalitni-drevni-hmota-a-komunalni-odpad>>.
- [11] SLEJŠKA, Antonín, VÁŇA, Jaroslav: Možnosti využití BRKO prostřednictvím kompostování a anaerobní digesce. Biom.cz [online]. 2004-01-26 [cit. 2010-04-30]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-brko-prostrednictvim-kompostovani-a-anaerobni-digesce>>. ISSN: 1801-2655.
- [12] Prodej palivového dřeva [online]. 2005 - 2010 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.prodejpalivovehodreva.cz/pelety.jpg>>.

- [13] Agrall [online]. 2008 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.agrall.cz/kategorie/3/samojizdne-rezacky>>.
- [14] Alternativní zdroje energie [online]. [cit. 2010-05-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>>.
- [15] Tzb-info [online]. 2001-2010 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=6&i=10265>>.
- [16] Step Trutnov [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.steptrutnov.cz/vyrobní-program/kotle-na-biomasu/kotle-na-drevni-stepku-step-kb-600-5000-kW.html>>.
- [17] Step Trutnov [online]. 2007 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.steptrutnov.cz/kotelny-na-biomasu.html>>.
- [18] EFEKT – energie efektivně [online]. 2008 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <[www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf)>.
- [19] MOTLÍK, Jan, VÁŇA, Jaroslav: Biomasa pro energii (2) Technologie. Biom.cz [online]. 2002-02-06 [cit. 2010-04-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energie-2-technologie>>. ISSN: 1801-2655.
- [20] files.tretiruka.cz [online]. 2010 [cit. 2010-05-09]. Dostupné z WWW: <<http://files.tretiruka.cz/200001013-a770ca86ad/109.pdf>>.
- [21] VÁŇA, Jaroslav: Anaerobní digesce komunálních bioodpadů. Biom.cz [online]. 2002-09-25 [cit. 2010-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-digesce-komunalnich-bioodpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- [22] Hnutí duha [online]. 2004 [cit. 2010-04-30]. Dostupné z WWW: <[http://http://www.hnutiduha.cz/publikace/vyuzivani\\_bioodpadu.pdf](http://http://www.hnutiduha.cz/publikace/vyuzivani_bioodpadu.pdf)>.
- [23] Hasičský záchranný sbor České republiky [online]. 2010 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.hzscr.cz/docDetail.aspx?docid=131711&docType=&chnum=2>>.
- [24] Drevoindustria Mechanik [online]. [cit. 2010-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.drevoindustria-mechanik.sk/sek4sk.htm>>.
- [25] Václav Kohout [online]. 2007 [cit. 2010-05-08]. Dostupné z WWW: <[vaclavkohout.euweb.cz/prezentace/Kompostování%20odpady07.ppt](http://vaclavkohout.euweb.cz/prezentace/Kompostování%20odpady07.ppt)>.
- [26] NOSKIEVIČ, Pavel; JUCHELKOVÁ, Dagmar; ČECH, Bohumír: *Biomasa a její energetické využití*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1996, 68 s. ISBN 80-7078-367-2
- [27] Výzkumný ústav zemědělské techniky [online]. 2006 [cit. 2010-05-02]. Dostupné z WWW: <<http://212.71.135.254/vuzt/poraden/doporuc/ekolog/senkey.gif>>.



- [28] Biom.cz [online]. 2001-2009 [cit. 2010-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/legislativa/fyto-legislativa>>.
- [29] KUNCOVÁ, Tereza: Ekonomika pěstování chrastice rákosovité. Biom.cz [online]. 2004-08-09 [cit. 2010-04-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/ekonomika-pestovani-chrastice-rakosovite>>. ISSN: 1801-2655.
- [30] Europa [online]. 1997 [cit. 2010-05-05]. Dostupné z WWW: <[http://europa.eu/documents/comm/white\\_papers/pdf/com97\\_599\\_en.pdf](http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_en.pdf)>.
- [31] UNFCCC [online]. 2006 [cit. 2010-05-05]. Dostupné z WWW: <[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)>.
- [32] VÁŇA, Jaroslav: Biomasa pro energii a technické využití. Biom.cz [online]. 2003-03-25 [cit. 2010-04-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energie-a-technicke-vyuziti>>. ISSN: 1801-2655.
- [33] MALAŤÁK, J.; VACULÍK, P: Zpracování biologicky rozložitelných odpadů. ČZU v Praze, Technická fakulta, tisk. Powerprint, Praha 2008, 168 s., ISBN: 978-80-213-1747-5
- [34] Prof. Ing. Kadrnožka, J., CSc.: KVET - masivní a efektivní nástroj pro úsporu fosilních paliv, článek v 3T, 3/2004

## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

### 10.1 Seznam symbolů

$\text{kJ}$	– kilojoule	– energetický potenciál
$\text{MJ}$	– megajoule	– energetický potenciál
$\text{GJ}$	– gigajoule	– energetický potenciál
$\text{TJ}$	– terajoule	– energetický potenciál
$\text{kW}$	– kilowatt	– jednotka výkonu
$\text{MW}$	– megawatt	– jednotka výkonu
$\text{MPa}$	– megapascal	– jednotka tlaku
$\text{mm}$	– milimetr	– délková míra
$\text{cm}$	– centimetr	– délková míra
$\text{m}$	– metr	– délková míra
$\text{km}$	– kilometr	– délková míra
$\text{ha}$	– hektar	– plošná míra
$\text{dm}^3$	– decimetr krychlový	– objemová míra
$\text{m}^3$	– metr krychlový	– objemová míra
$\text{kg}$	– kilogram	– jednotka hmotnosti
$\text{t}$	– tuna	– jednotka hmotnosti
$^{\circ}\text{C}$	– stupeň celsia	– jednotka teploty
$\text{C}$	– uhlík	– chemický prvek
$\text{N}_2$	– dusík	– chemický prvek
$\text{S}$	– síra	– chemický prvek
$\text{O}_2$	– kyslík	– plynný chemický prvek
$\text{H}_2$	– vodík	– plynný chemický prvek
$\text{SO}_2$	– oxid siřičitý	– plyn
$\text{CO}$	– oxid uhelnatý	– bezbarvý plyn
$\text{CO}_2$	– oxid uhličitý	– bezbarvý plyn
$\text{H}_2\text{S}$	– sulfan (sirovodík)	– bezbarvý plyn
$\text{NH}_3$	– amoniak (čpavek)	– bezbarvý štiplavý plyn
$\text{KOH}$	– hydroxid draselný	– chemická sloučenina
$\text{NaOH}$	– hydroxid sodný	– chemická sloučenina
$\text{H}_2\text{O}$	– voda	– sloučenina vodíku a kyslíku
$\text{CH}_4$	– metan	– uhlovodík
$\text{C}_2\text{H}_6$	– etan	– uhlovodík
$\text{H}_2\text{SO}_4$	– kyselina sírová	– kyselina
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	– glukosa	– cukr
$\text{ppm}$	– parts per million	– poměr pro určení koncentrace
$\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	– miligram na metr krychlový	– jednotka hmotnostní koncentrace
$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	– mikrogram na metr krychlový	– jednotka hmotnostní koncentrace
$\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$	– nanogram na metr krychlový	– jednotka hmotnostní koncentrace
$\eta_s$	– účinnost spalování	– [-]
$\xi$	– komínová ztráta	– [-]
$\text{Kč}$	– česká koruna	– cena

## 10.2 Seznam zkratek

BRKO	– Biologicky rozložitelný komunální odpad
KVET	– Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
OZE	– Obnovitelné zdroje energie
ČR	– Česká republika
EU	– Evropská unie

## 11. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

### 11.1 Seznam obrázků

Obr. 1-1	– Fotosyntéza
Obr. 2-1	– Krmný št'ovík – Uteuša
Obr. 2-2	– Dřevní odpad
Obr. 3-1	– Dřevěné pelety
Obr. 3-2	– Schéma svinovacího lisu
Obr. 3-3	– Samojízdné řezačky CLAAS – JAGUAR
Obr. 4-1	– Kotel o jmenovitém výkonu 16 kW
Obr. 4-2	– Schéma kotle STEP-KB s výkonovým rozsahem 600 ÷ 5000 kW na spalování dřevní štěpky a zrna
Obr. 4-3	– Kotel na spalování celých balíků slámy
Obr. 4-4	– Kogenerační jednotka SteamCell na bázi parního rotačního motoru
Obr. 4-5	– Sesuvný protiproudý generátor
Obr. 4-6	– Pyrolýzní jednotka firmy BTG
Obr. 4-7	– Model anaerobní digesce
Obr. 4-8	– Kladivový mlýn TYP DKM 400/1500
Obr. 4-9	– Kompostovací žlab
Obr. 4-10	– Schéma průběhu kompostování

### 11.2 Seznam tabulek

Tab. 5-1	– Emisní limity při spalování v zařízení spalujícím dřevo o výkonu kolem 0,2 MW
Tab. 5-2	– Zařízení spalující kapalná a plynná paliva
Tab. 5-3	– Zařízení spalující tuhá paliva